

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

JP-A-5-110157

[TITLE OF THE INVENTION]

LAMINATED PIEZOELECTRIC ACTUATOR

[WHAT IS CLAIMED IS:]

[Claim 1] A laminated piezoelectric actuator composed of a laminated ceramic body where plural piezoelectric ceramic sheets on the surface of which a conductive internal electrode is overall coated are laminated and a protective layer is arranged on and under the piezoelectric ceramic sheet, an electrically insulating layer that coats the internal electrode exposed to two opposite sides of the laminated ceramic body and the vicinity every other layer, a conductive external electrode provided on two sides on which the electrically insulating layer is formed and a lead connecting the external electrode and a power source, wherein:

an internal electrode exposed on the other two sides of the laminated ceramic body on which no electrically insulating layer is provided is made of platinum; and

an unexposed part of the internal electrode is made of another metal.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-110157

(43)公開日 平成5年(1993)4月30日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H01L 41/09

識別記号

庁内整理番号

9274-4M

F I

H01L 41/08

技術表示箇所

S

審査請求 未請求 請求項の数1(全5頁)

(21)出願番号

特願平3-291890

(22)出願日

平成3年(1991)10月14日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 近藤 正博

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

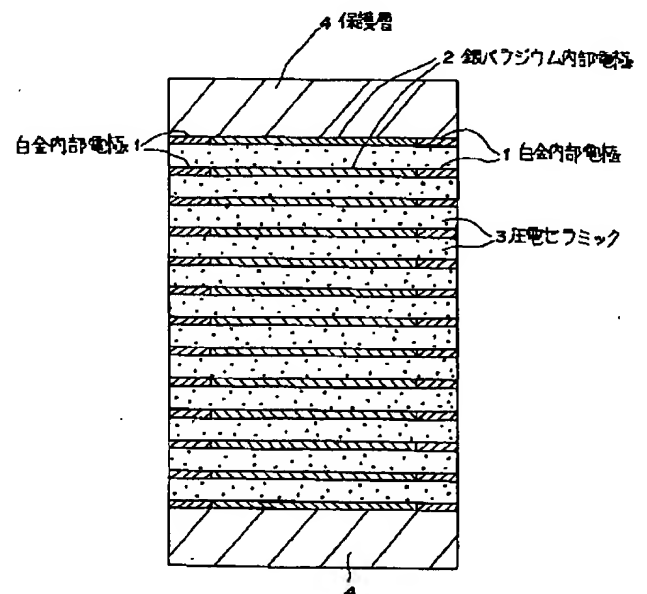
(74)代理人 弁理士 館野 千恵子

(54)【発明の名称】 積層圧電アクチュエータ

(57)【要約】

【目的】 内部電極が露出することによる側面での絶縁破壊を防止し、高い信頼性を有しながら、比較的安価に作製できる積層圧電アクチュエータを提供する。

【構成】 四側面のうち対向する二側面に露出する部分のみを白金内部電極1で形成し、外部電極を形成する別の二側面に至る内部電極は銀パラジウム合金2で形成する。このような内部電極を被着形成した圧電セラミック3と保護層4とを積層し、焼成・一体化して積層セラミック体としたものを用いる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に導電性の内部電極が全面被着されたシート状の圧電セラミックを複数枚積重し、その上下に保護層が配置された積層セラミック体と、該積層セラミック体の相対向する二側面に露出した内部電極とその近傍を一層おきに互い違いに被覆する電気絶縁層と、該電気絶縁層が形成された二側面上に設けられた導電性の外部電極と、該外部電極と電源側を連結するリード線等から構成される積層圧電アクチュエータにおいて、電気絶縁層の設けられていない積層セラミック体の他の二側面に露出した内部電極部分を白金で形成し、非露出部の内部電極を別の金属で形成することを特徴とする積層圧電アクチュエータ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、積層圧電アクチュエータに係り、特に表面での絶縁破壊を防止し高い信頼性を有すると共に、比較的安価に作製できる積層圧電アクチュエータに関する。

## 【0002】

【従来の技術】図5は本発明の対象となる従来の積層圧電アクチュエータの構造を示す斜視図である。図中、4は保護層、3は圧電セラミック、2は銀パラジウム内部電極であり、銀パラジウム内部電極2が露出する四側面のうちの対向する二側面に電気絶縁層5が銀パラジウム内部電極2の露出部とその近傍の圧電セラミック3上に一層おきに交互に設けられている。銀パラジウム内部電極2は外部電極6によって電氣的に接続され、はんだ7を介してリード線8に接続されている。従来、本積層圧電アクチュエータは、チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）のような鉛系ペロブスカイト構造複合酸化物の薄いシートである圧電セラミック3と銀パラジウム等の金属層である銀パラジウム内部電極2を積層・一体焼成した積層セラミックブロックからワイヤソー、クリスタルカッター、内周刃等により小片を切り出した後、電気絶縁層5を形成して作製する。電気絶縁層5は500～700℃に軟化点を持つガラス粉末を電気泳動法で所望の位置に付着し、その後600～800℃で焼成したガラス体より成っている。また外部電極6は、銀または銀パラジウム混合粉等の金属粉末をガラス粉末と共にビヒクル中に分散・混合して製造したペースト状物質をスクリーン印刷法で所望の位置に塗布したあと、600～800℃で焼成して形成した金属粉末から成っている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】図5に示した従来構造の積層圧電アクチュエータ（断面5×5mm、長さ20mmの場合）を、40℃、90～95%RHの雰囲気下で150V印加する信頼性試験を実施した結果を図4の○に示す。なお、図4において、横軸は故障時間（時間）を示し、縦軸は累積不良率（%）を示す。図4に示

す通り、従来の積層圧電アクチュエータは数百時間の平均寿命で破壊に到る。この原因は次の通りである。前記したように、従来の積層圧電アクチュエータは銀パラジウム内部電極2が電気絶縁層5を形成していない他の二側面（以下、側面と呼ぶ。）に露出した構造をしている。高湿度雰囲気中で積層圧電アクチュエータに定格DC150Vを印加すると、銀パラジウム内部電極2間に1kV/mm以上の高電界がかかり、前記側面表面に吸着された水分により銀パラジウム内部電極2中の銀がマイグレーションを起こし、銀パラジウム内部電極2間で絶縁破壊現象が起きる。この結果、積層圧電アクチュエータはショート状態となり不良となる。以上述べたように、従来構造の積層圧電アクチュエータにおいては、雰囲気中の水分が吸着される側面に銀パラジウム内部電極が露出しているために、銀がマイグレーションし、銀パラジウム内部電極間で絶縁破壊現象が起り、短時間で不良に到るという問題点があった。本発明は、以上の問題点を解決するもので、内部電極間の絶縁破壊現象を防止し、その平均寿命を大巾に延長すると共に、信頼性を向上し得る積層圧電アクチュエータを提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の目的を達成するために、表面に導電性の内部電極が全面被着されたシート状の圧電セラミックを複数枚積重し、その上下に保護層が配置された積層セラミック体と、該積層セラミック体の相対向する二側面に露出した内部電極とその近傍を一層おきに互い違いに被覆する電気絶縁層と、該電気絶縁層が形成された二側面上に設けられた導電性の外部電極と、該外部電極と電源側を連結するリード線等から構成される積層圧電アクチュエータにおいて、電気絶縁層の設けられていない積層セラミック体の他の二側面に露出した内部電極部分を白金で形成してなる積層圧電アクチュエータを構成するものである。

## 【0005】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図面を参照して説明する。図2は本実施例の全体構造を示す斜視図、図1は図2のA-A'線縦断面図、図3は本実施例の内部電極の形成パターンを示す横断面図である。四角形状の圧電セラミック3の表面には内部電極が全面に被着される。本実施例では図3に示すように、相対向する側面側にのみ白金内部電極1が被着され、他の部分は銀パラジウム内部電極2が被着される。白金内部電極1および銀パラジウム内部電極2を表面に被着したものを図2のように複数枚積重すると共に、その上下に保護層4を接触することにより、積層セラミック体が形成される。白金内部電極1の被着されていない側面には、図5に示した従来技術のものと同様に一層おきに互い違いに電気絶縁層5が圧電セラミック3と銀パラジウム内部電極2の露出部に接触して配設される。また電気絶縁層5には導電

10

20

30

40

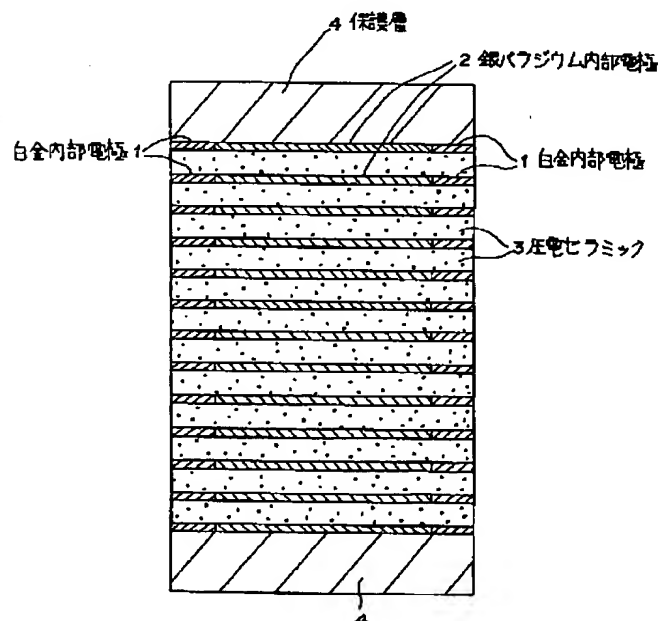
50

性の外部電極6が連結し、図略の電源側に連結するリード線8がはんだ7により外部電極6に連結する。

【0006】本実施例において、圧電セラミック3および保護層4は $Pb(Ni_{1/3}Nb_{2/3})_{0.50}Ti_{0.35}Zr_{0.15}O_3$ で示されるペロブスカイト構造複合酸化物からなる。白金内部電極1は白金100%のものからなり、銀パラジウム内部電極2は銀70%とパラジウム30%の組成からなる。また、電気絶縁層5は $ZnO$ 60%、 $B_2O_3$ 25%とその他の酸化物15%の亜鉛系ガラスからなる。また、外部電極6は銀を導体としたもので、その焼成温度は700℃である。

【0007】本発明の実施例の積層圧電アクチュエータの信頼性試験を実施した結果を図4の●に示す。実施例の積層圧電アクチュエータは圧電セラミック3の厚さが105 $\mu m$ 、白金内部電極1および銀パラジウム内部電極2の層数126層、保護層4の厚さは上のものが2mmおよび下のものが4mm、素子の断面5mm $\times$ 5mm、長さ20mmであった。また、白金内部電極の幅は0.5mmとした。サンプル数は50Pで、試験条件は40℃、90~95%RHの環境下でDC150Vを印加するものである。従来例の積層アクチュエータは、内部電極に白金を用いず、全て銀パラジウムとする以外は上記と同様とした。図4に示すように、本実施例のものは側面に銀が露出することがなく、内部電極中の金属成分がマイグレーションし絶縁破壊をおこす現象が起こりにくくなったため、積層圧電アクチュエータの平均寿命が約10倍に改善された。

【図1】



## 【0008】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、電気絶縁層を形成しない二側面に露出する部分の内部電極にマイグレーション性の低い白金を用いることにより、これらの側面に露出する内部電極間の絶縁破壊現象を防止し、積層圧電アクチュエータの平均寿命を約10倍延長することができた。なお、この効果は、内部電極に全て白金を用いることでも得られるが、内部電極に全て白金を用いた場合よりも安価に製造することが可能である。以上により大幅なコスト上昇なしに信頼性を大きく改善することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例における積層セラミック体の縦断面図である。

【図2】本発明の一実施例の構造を示す斜視図である。

【図3】本実施例の内部電極形成パターンを示す横断面図である。

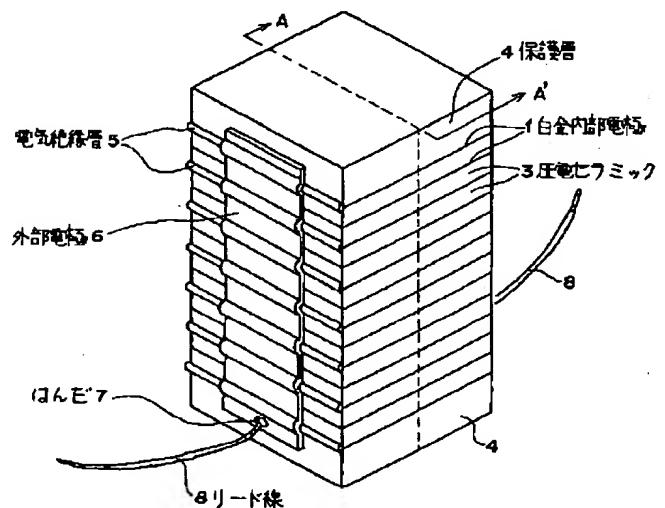
【図4】従来例と本実施例の信頼性試験結果を比較表示する線図である。

【図5】従来の積層圧電アクチュエータの構造を示す斜視図である。

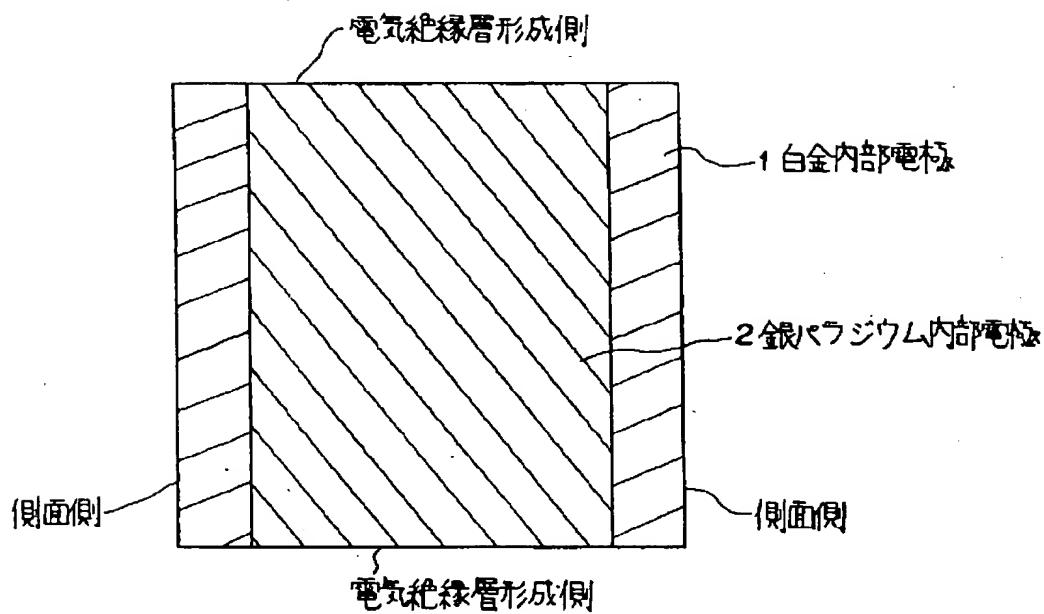
## 【符号の説明】

- |           |              |
|-----------|--------------|
| 1 白金内部電極  | 2 銀パラジウム内部電極 |
| 3 圧電セラミック | 4 保護層        |
| 5 電気絶縁層   | 6 外部電極       |
| 7 はんだ     | 8 リード線       |

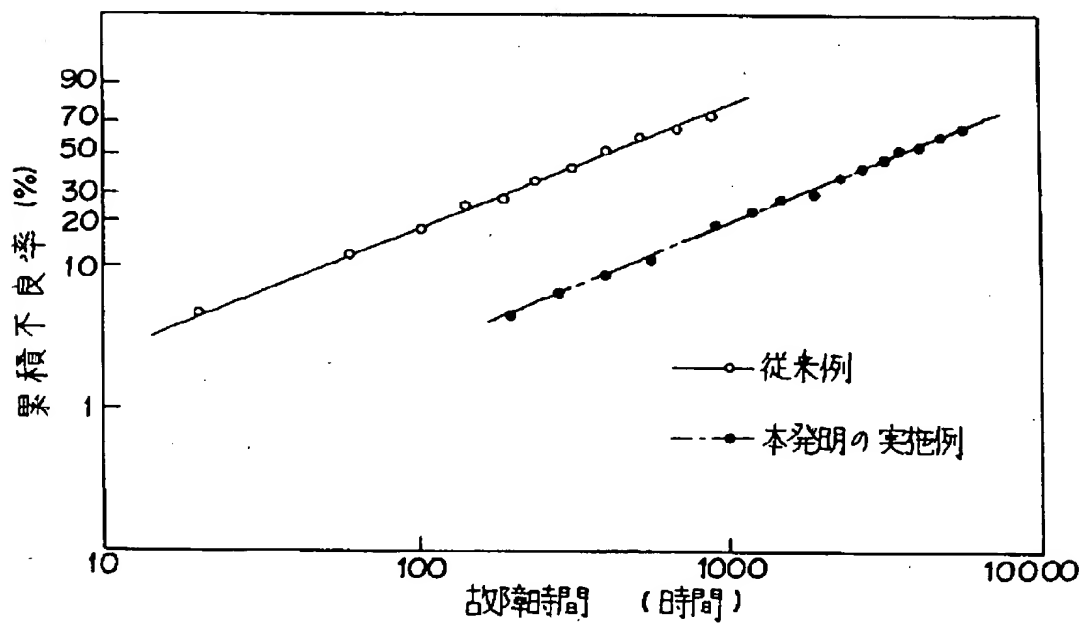
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

